

---

## 臨床指導講演

---

### 象牙質知覚過敏症の病態と治療法

菅 俊行

キーワード：象牙質知覚過敏症，象牙細管，動水力学説

### Etiology and Treatment Method for Dentin Hypersensitivity

Toshiyuki SUGE

**Abstract :** The prevalence of dentin hypersensitivity ranges from 4 to 74%, and approximately 20-30% adults patient have complaints such as cold, air, and tactile pain. The pathogenesis of dentin hypersensitivity and pain transmission system in teeth are still unclear. The hydrodynamic theory is widely accepted as a mechanism to explain tooth pain. Many open dentinal tubules exist at the surface of hypersensitive teeth. In contrast, most dentinal tubules are occluded with minerals in non-hypersensitive teeth. Therefore, the treatment method for dentin hypersensitivity aims to occlude open dentinal tubules and reduce fluid flow within the tubules. Several treatment methods have been developed and applied to hypersensitive teeth, such as desensitizing agents, resins, and lasers. The representative treatment method to occlude open dentinal tubules with inorganic materials is applying potassium oxalate. Unfortunately, the duration of potassium oxalate occlusion was reported to be relatively short-lived in the oral environment. Aside from inorganic materials, several organic materials (e.g. / resin) for coating the dentin surface have recently been commercialized. Resin materials can seal not only at the dentin surface but also deep in the dentinal tubules. In addition, several kinds of dental laser have recently been used for the treatment of dentin hypersensitivity. The action mechanism of lasers in dentin hypersensitivity is still not clearly understood, although some clinical studies have reported the effectiveness of laser therapy. However, no consistent treatment regimen has been established for dentin hypersensitivity; therefore, we should choose the optimum therapy after understanding the characteristics of each treatment method.

#### I. はじめに

象牙質知覚過敏症は齲蝕や歯周病などとともに比較的発症率の高い疾患である。症状としては一過性の冷水痛、冷気痛、擦過痛などを主訴とする疾患である。その発症率は4%から74%と調査場所、調査方法によりかなりばらつきがあるものの<sup>1)</sup>、歯科を受診する成人患者の20から30%程度に認められる疾患である(表1)。発現歯としては上下顎の小白歯がもっとも発症率が高く(図1)、また発症年齢としては40歳代にピークがくる<sup>1)</sup>。

しかしながら、近年は20歳代の若年層にも発症する傾向にあり、これはペットボトル飲料の普及による炭酸飲料やスポーツドリンクなどの過剰摂取などが原因と考えられる。これらの飲料は低pH飲料であり、常飲すると歯質の脱灰が起こる。エナメル質の臨界pHより高い飲み物は水、お茶、牛乳などに限られており、知覚過敏症発症患者への飲食物摂取指導も重要である。

象牙質知覚過敏症を発症しても軽度の症例では自然治癒する症例もあるが、治療が必要となるケースは比較的

表1 象牙質知覚過敏症の発症率 (Rees JS, J Clin Periodontol 27: 860-865, 2000 より引用)

Authors	Country	Setting	Study type	n	Prevalence (%)
Jensen (1964)	USA	university	clinical	3000	30
Graf & Glase (1977)	Switzerland	practice	clinical	351	15
Flynn et al. (1985)	UK	university	clinical	369	18
Orchardson & Collins (1987)	UK	university	clinical	109	74
Fischer et al. (1992)	Brazil	university	clinical	635	17
Murray & Roberts (1994)	Indonesia	not stated	questionnaire	1000	27
Murray & Roberts (1994)	USA	not stated	questionnaire	1000	18
Murray & Roberts (1994)	Japan	not stated	questionnaire	1000	16
Murray & Roberts (1994)	France	not stated	questionnaire	1000	14
Murray & Roberts (1994)	Germany	not stated	questionnaire	1000	13
Murray & Roberts (1994)	Australia	not stated	questionnaire	1000	13
Chen et al. (1994)	USA	university	clinical	184	50
Chabanski et al. (1997)	UK	university	clinical	51	73
Irwin & McCusker (1997)	UK	practice	questionnaire	250	57
Liu, Lan & Hsieh (1998)	Taiwan	university	clinical	780	32

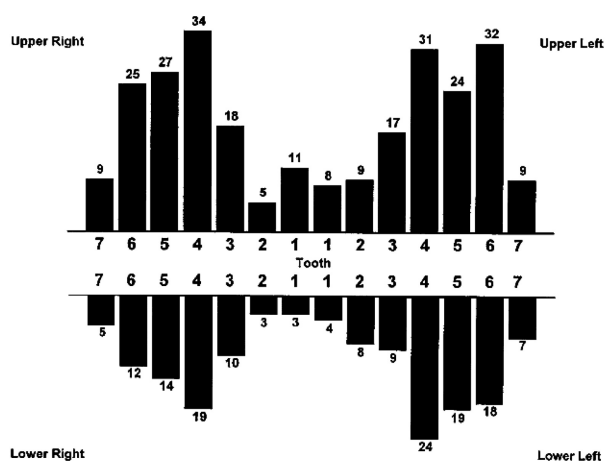


図1 象牙質知覚過敏症の歯種別発現数

(Rees JS, J Clin Periodontol 27: 860-865, 2000 より引用)

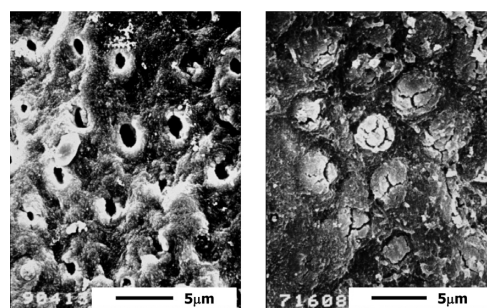
多く、その際には確立された治療法がないために、薬剤塗布、レーザー治療などこれまでに多数の治療法が提唱されており、その中から最適な治療法を選択するのが難しいような状況である。本稿では、象牙質知覚過敏症の病態で明らかとなっていることに焦点を当ててまとめるとともに、現在、臨床の場で行われている代表的な治療法の効果について述べる。

## Ⅱ. 象牙質知覚過敏症の病態

### 1. 歯痛発生のメカニズム

歯痛の発症メカニズムは現在でもよくわかっていない。象牙細管内神経分布説、象牙芽細胞受容器説、動水力学説、知覚受容複合説など4つの説が提唱されている。このうちで最も有力視されているのが動水力学説<sup>2)</sup>である。これは象牙細管内に存在する象牙細管内液が移動することにより痛みを誘発するという説である。

象牙質が口腔内に露出した場合に必ず象牙質知覚過敏



知覚過敏部

非知覚過敏部

図2 象牙質知覚過敏部および非知覚過敏部の電子顕微鏡像

症が発症するのではなく、発症する場合としない場合がある。象牙質知覚過敏症を発症している部位では多数の象牙細管が開口しているのに対し、知覚過敏を発症していない部位ではほとんどの象牙細管が石灰化物により封鎖されていることが報告されている<sup>3)</sup>。象牙質知覚過敏症を発症している部位および発症していない部位から採取した象牙質生検試料の電子顕微鏡像を図2に示す。このことから、象牙質知覚過敏症は象牙質の口腔内への露出に続いて、象牙質表面が脱灰されて象牙細管が開口し、外来刺激が開口した象牙細管を通じて歯髄へと伝わることにより発症すると考えられている。

### 2. 象牙細管内液と歯髄圧

象牙細管内液の移動という動水力学説を支持するような実験結果がいくつか報告されている。笹崎ら<sup>4)</sup>は抜歯後ただちに歯冠を水平方向に切断し、象牙質を露出させた後、疎水性の印象材を用いて印象採得を行い、印象内面へ樹脂を流し込み、樹脂硬化後に電子顕微鏡で観察した結果を報告している。その結果、エナメル質の部分においては何も観察されないが、象牙質面には球体状の物質の存在が観察されている(図3)。これは象牙細管内

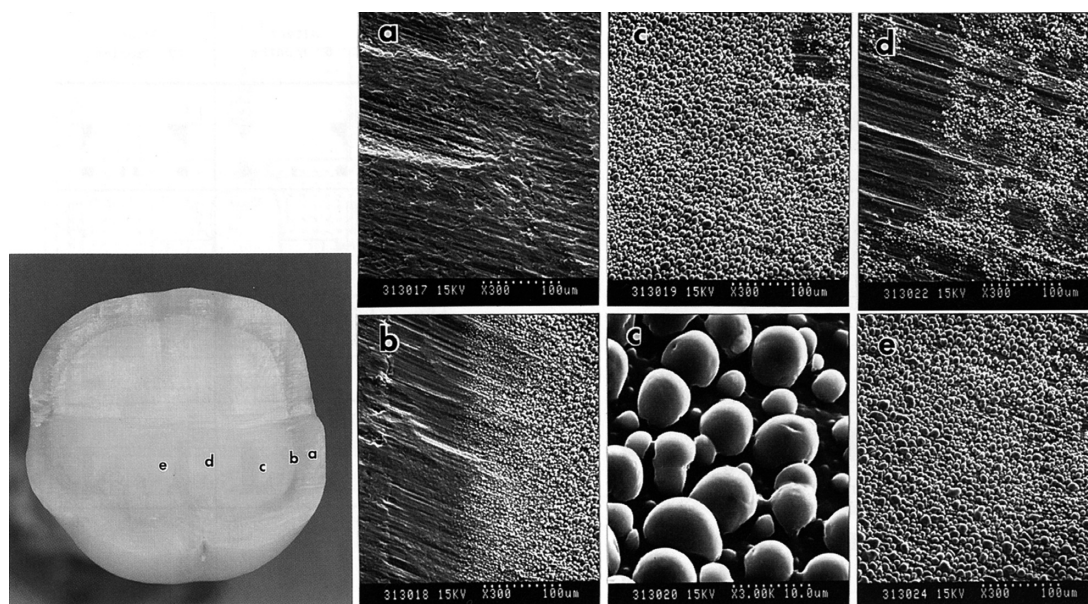


図3 象牙細管からの浸出液（電子顕微鏡観察）（笹崎弘己ら：日本歯科保存学雑誌 37：1164-1171, 1994より引用）

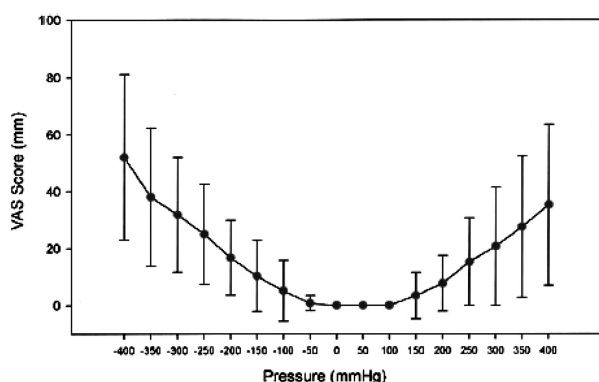


図4 象牙質へ加えた圧力と VAS スコアの関係  
(Charoenlarp P, Arch Oral Biol 52: 625-631, 2007より引用)

液が象牙細管内から象牙質表面へと滲出しているという事実を示しており、このことから象牙細管内液の移動が容易に起こりうるということがわかる。

象牙細管内液がどのくらいの圧力で移動しているのだろうか。Ciucchi ら<sup>5)</sup> がヒト生活歯を用いて測定した実験結果では、ヒトの歯髄圧は歯髄側から歯表面方向に向かって14.1 cm H<sub>2</sub>Oの水圧であることが報告されている。また、象牙細管内液の移動と歯痛の関連を明らかにすることを目的とした研究において、ヒトの開口した象牙細管に陽圧（0～400 mmHg）あるいは陰圧（0～-400 mmHg）を徐々に変化させてかけた場合のVAS（Visual analog scale）スコアを調べている。その結果、陽圧および陰圧でほぼ同程度のVASスコアを示しており、象牙質へかけるそれぞれの圧が上がるのに比例してVASス

コアも上昇し、感じる痛みが増加することが明らかとなっている<sup>6)</sup>（図4）。

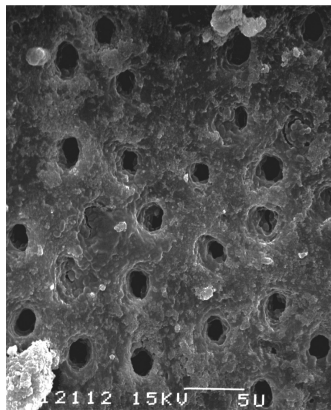
### 3. プラークコントロール状態が象牙質知覚過敏症の病態へ及ぼす影響

象牙質知覚過敏症を発症すると、ブラッシング時に水がしみるあるいは擦過痛があるため、プラークコントロールがおろそかになる可能性がある。しかしながら、象牙質知覚過敏症を発症している歯の表面にはプラークの残存が少ないという報告がある<sup>7)</sup>。これは過度のブラッシングが象牙質知覚過敏症の発症に関与しているという証左でもある。その一方で、プラークコントロールが不完全であると象牙質知覚過敏症が増悪するという報告<sup>8)</sup>もあり、プラークコントロール状態と象牙質知覚過敏症の病態との関連性については明らかとなっていない。そこで、動物実験でプラークコントロール状態が象牙質知覚過敏症の病態へ及ぼす影響を定量的に評価した結果、適切にプラークコントロールが行われれば、開口した象牙細管は唾液由来と考えられるリン酸カルシウムが歯表面に沈着し、象牙細管は経時的に封鎖傾向を示した。対照的にプラークコントロールを行わないと、プラークが歯表面に堆積し、歯質の脱灰が起これ、その結果、象牙細管も大きく開口し、知覚過敏を増悪させることが明らかとなった<sup>9)</sup>。プラークコントロール群およびノンプラークコントロール群の経時的な電子顕微鏡像を図5に示す。

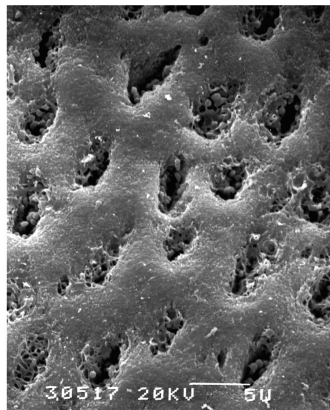
また、象牙細管内には歯髄圧が存在し、そのために象牙細管内液は通常は歯髄側から歯表面方向へと移動しているにもかかわらず、開口した象牙細管内への細菌侵入



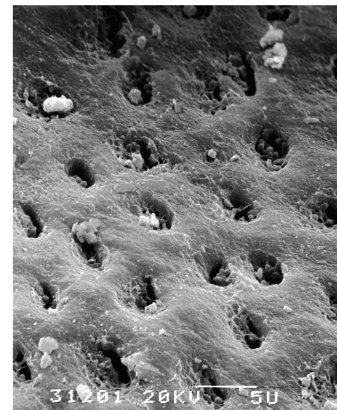
## プラークコントロール群



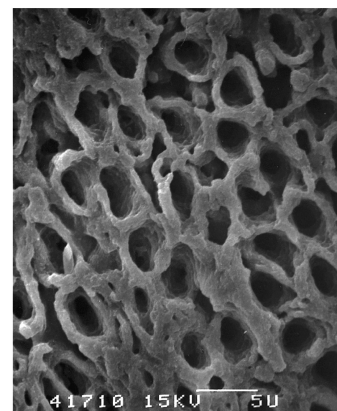
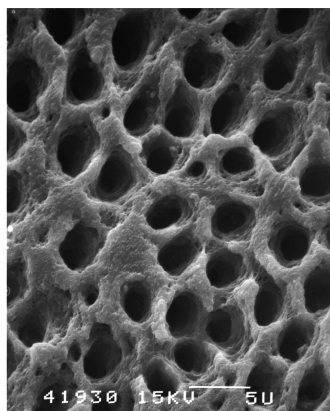
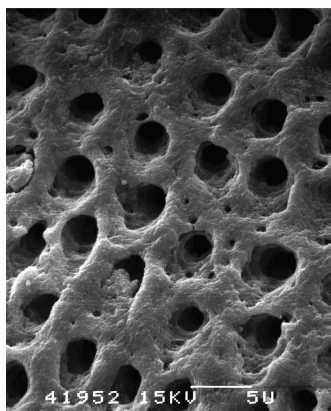
7日後



14日後



21日後



## ノンプラークコントロール群

図5 プラークコントロール群およびノンプラークコントロール群における経時的変化（写真中のバーは5  $\mu$ m）

も比較的短期間で起こることが報告されている<sup>10)</sup>。象牙細管内への細菌侵入が象牙質知覚過敏症の病態へどのような影響を及ぼすのかはさらなる研究が必要であるが、齲蝕や歯周病予防にはプラークコントロールが重要であるように、象牙質知覚過敏の予防や治療にもプラークコントロールが有効であることが示された。

### Ⅲ. 象牙質知覚過敏症の治療法

象牙質知覚過敏症の治療としてはホームケアと薬剤塗布などの院内で行う処置がある。軽度の症状で、かつ発症して間もないような症例では、適切にプラークコントロールを行うことにより治療する場合がある。ホームケアでは適切なブラッシング圧でプラークコントロールを行うとともに酸性食品や飲料の摂取を控えることが肝要である。

#### 1. ホームケア（知覚過敏用歯磨剤の使用）

ホームケアでは主に知覚過敏用歯磨剤を用いる。代表的なものとして硝酸カリウムが配合されたシュミテクト

（グラクソ・スミスクライン）が販売されている。カリウムには歯髄神経の興奮性を抑制する効果があり、疼痛閾値が上がり痛みを感じにくくなる<sup>11)</sup>。その他にも有効成分として乳酸アルミニウムが配合された歯磨剤も市販されている。しかしながら、象牙質知覚過敏用歯磨剤を使用しても治療しないような症例では知覚過敏治療剤などを使用する院内処置が必要となる。

#### 2. 院内処置

##### 1) シュウ酸カリウム水溶液の塗布

無機物で象牙細管を封鎖する治療法である。無機物の場合には象牙質表面の石灰化を阻害しないという利点がある。唾液中からリン酸カルシウムの析出が起これば、象牙細管内に析出した結晶の成長が起こり、その結果、より強固に象牙細管を封鎖する可能性がある。シュウ酸やシュウ酸カリウム水溶液を象牙質に塗布すると歯質中のカルシウム成分と反応し、シュウ酸カルシウムが析出し、開口象牙細管を封鎖する（図6）。欧米では90年代に認可されて使用されていたが、日本では2008年に認

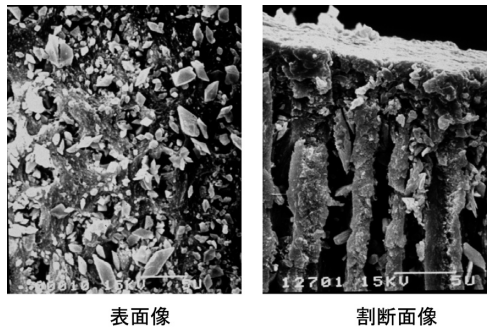


図6 シュウ酸カリウム処理後の電子顕微鏡像（写真中のバーは5 μm）

可され、スーパーシール（フェニックスデンタル社）という商品名で発売された。析出したシュウ酸カルシウムは比較的不溶性の結晶ではあるが、唾液に対しては不飽和であることから、時間の経過とともに溶解し、象牙細管封鎖は一時的であるという結果が報告されている<sup>12)</sup>。また、歯質中のカルシウムと反応して結晶を析出させる治療法であることから、歯質表面が酸性飲料などにより脱灰されているような場合には結晶析出量が減少し、象牙細管封鎖能が減少することが報告されている<sup>13)</sup>。

## 2) MS コート

MS コート（サンメディカル）にもシュウ酸が配合されており、シュウ酸が歯質中のカルシウムと反応し、シュウ酸カルシウムを生成するとともにMS ポリマーとの共重合体を形成して象牙細管を封鎖する<sup>14)</sup>。In vitroの実験結果では歯ブラシ摩耗試験後においても象牙細管内に生成した結晶は脱離しないことが報告されている。当初は2液型で塗布直前に混和して使用していたが、ワンボトルタイプのMS コート ONEが発売され、本院でも多数の症例に用いられている。また、フッ化ナトリウム（フッ素イオン換算で3,000 ppm）を配合したMS コートFも販売されている。一回の塗布で効果がない場合には、繰り返し塗布して、効果を期待する。

## 3) レジン系治療剤

近年、各社からレジン系の知覚過敏治療剤が発売され、保険適応となっている。その代表的なものとしてトクヤマシールドフォース（トクヤマデンタル）が挙げられる<sup>15)</sup>。レジン系の治療剤は開口した象牙細管深部にまでレジン成分が浸透し、象牙細管を封鎖するのが特徴である。牛歯を用いて象牙細管封鎖を評価した研究でも約10 μmの被膜が形成されるとともに、深部にまでレジンタグが侵入している（図7）。表面のみの封鎖ではブラッシングなどの機械的な力が加わることでにより短期間で脱離して、再度、象牙細管が開口することが危惧されるが、深部まで封鎖していれば、歯質表面付近のレジンがたとえ脱離しても象牙細管内にレジンが残存していれば

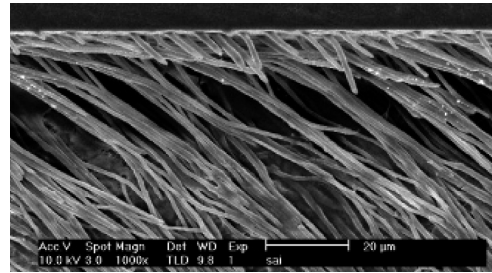


図7 トクヤマシールドフォース処理後の電子顕微鏡像（トクヤマデンタルホームページ  
<http://www.tokuyamadental.co.jp/products/information/100708.html> より引用）

持続的な治療効果が期待できる。しかしながら、生活歯では歯髄圧があることから、レジンの象牙細管内への浸透深度は抜去歯に適用した場合と比較すると浅くなると思われる。レジン系の治療剤は歯質成分とは異なる有機物質で象牙質表面を被覆することから、唾液成分による歯の石灰化を阻害することもあり、まずは無機物質で象牙細管を封鎖する薬剤を試みて、効果が得られないような症例に対して使用する方が賢明であると思われる。

## 4) レーザー

各種の歯科用レーザーが販売されており、象牙質知覚過敏症治療も適応症例となっている。レーザーの作用機序については完全には明らかとなっていないが、GaAlAs レーザーなどの低出力のレーザー照射は細胞活性に影響を及ぼす効果があり、象牙芽細胞を活性化させることにより第3象牙質形成を促進させる可能性が示唆されている<sup>16)</sup>。中出力のレーザー（例えばEr: YAG, Nd: YAG およびEr,Cr: YSSG）は、象牙質細管を縮小あるいは開口象牙細管を消失させることにより効力を発揮するといわれている<sup>16)</sup>。Er: YAG とEr,Cr: YSSG レーザーは象牙質表面を蒸散させることにより、象牙細管内液の移動を抑制し、知覚過敏を治療に導くとされている<sup>16)</sup>。しかしながら、抜去歯を用いた研究ではEr: YAG やCO<sub>2</sub> レーザー照射後も象牙細管は開口したままで封鎖されていないという実験結果も報告<sup>17)</sup>されており、レーザー照射単独ではなく他の薬剤塗布後にレーザー照射を行う手法の方が象牙細管封鎖能が上がるとされている。いずれにしても、レーザー治療に関しては最適なレーザーの種類、出力など、まだまだ未知な部分もあることから、レーザー治療にすべての症例での治療を期待することは現時点では難しいと言える。

## IV. おわりに

象牙質知覚過敏症は象牙細管の開口という肉眼で観察不可能なミクロレベルでの事象により発症しており、またその治療効果も象牙細管の封鎖が視認できないことから術後の患者の症状からしか確認する術はなく、歯科医

師側からすると、明確な治療効果を実感しにくい疾患である。本稿では代表的な象牙質知覚過敏症の治療法を紹介したが、これ以外にも多数の薬剤が市販されており、治療法は多岐にわたる。裏を返せば、すべての症例において確実に治癒に導く治療法が確立されていない現況が、このような現象を生み出しているといえる。特に、象牙質知覚過敏症を発症してから時間が経過している場合には歯髄炎へと至っている場合もあり、そのような症例では知覚過敏治療を行ってももはや手遅れである。できるだけ早期に象牙細管を封鎖し、歯髄へと伝わる刺激を遮断し、かつ象牙細管内への細菌侵入を予防することが大切である。多数の薬剤が市販されており、また薬剤以外にもレーザーなど治療法が多岐に渡ることから治療法選択に戸惑うかもしれないが、各々の治療法の特徴をよく理解して最適な治療法を選択する必要がある。また、数回適用しても治療効果が期待できないような症例では塗布する薬剤を変えて反応をみることも重要である。

## 文 献

- 1) Rees JS: The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK. *J Clin Periodontol* 27, 860-865 (2000)
- 2) Brännström M, Lindén LA and Åström A: The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries Res* 1, 310-317 (1967).
- 3) Yoshiyama M, Masada J, Uchida A and Ishida H: Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentin. *J Dent Res* 68, 1498-1502 (1989)
- 4) 笹崎弘己, 奥田禮一: 象牙細管内液の観察. *日本歯科保存学雑誌* 37, 1164-1171 (1994)
- 5) Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J and Pashley D: Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod* 21, 191-194 (1995)
- 6) Charoenlarp P, Wanachantararak S, Vongsavan N and Matthews B: Pain and the rate of dentinal fluid flow produced by hydrostatic pressure stimulation of exposed dentine in man. *Arch Oral Biol* 52, 625-631 (2007)
- 7) Addy M, Mostafa P and Newcombe RG: Dentine hypersensitivity: The distribution of recession, sensitivity and plaque. *J Dent* 15, 242-248 (1987)
- 8) Trowbridge HO and Silver DR: A review of current approaches to in-office management of tooth hypersensitivity. *Dent Clin North Am* 34, 561-581 (1990)
- 9) Suge T, Kawasaki A, Ishikawa K, Matsuo T and Ebisu S: Effects of plaque control on the patency of dentinal tubules: an in vivo study in beagle dogs. *J Periodontol* 77, 454-459 (2006)
- 10) Nagaoka S, Miyazaki Y, Liu Hong-Jih, Iwamoto Y, Kitano M and Kawagoe M: Bacterial invasion into dentinal tubules of human vital and nonvital teeth. *J Endod* 21, 70-73 (1995)
- 11) Markowitz K, Bilotto G and Kim S: Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Arch Oral Biol* 36, 1-7 (1991)
- 12) Kems DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Homer JA, Strong SL and Van Dyke TE: Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol* 62, 421-428 (1991)
- 13) Suge T, Kawasaki A, Ishikawa K, Matsuo T and Ebisu S: Comparison of the occluding ability of dentinal tubules with different morphology between calcium phosphate precipitation method and potassium oxalate treatment. *Dent Mater J* 24, 522-529 (2005)
- 14) 宮森沙耶香, 小里達也: MS コート F. *日本歯科理工学会誌* 31, 18-19 (2012)
- 15) 木村幹雄: トクヤマシールドフォースプラス. *日本歯科理工学会誌* 31, 20-21 (2012)
- 16) Sgolastra F, Petrucci A, Severino M, Gatto R and Monaco A: Lasers for the treatment of dentin hypersensitivity: a meta-analysis. *J Dent Res* 92, 492-499 (2013)
- 17) 善入寛仁, 吉川一志, 山本一世: 知覚過敏症罹患モデル象牙質へのレーザー照射が透過性に与える影響について. *日本歯科保存学雑誌* 51, 48-62 (2008)